

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek



Instituut voor
Zintuigfysiologie TNO



DTIC FILE COPY

IZF 1989-14

C.J.E. Wientjes
W. Bles

SITUATIONEEL BEWUSTZIJN EN VESTIBU-
LAIRE STIMULATIE: DE INVLOED VAN
DRAAIBEWEGINGEN OP DE TAAKPRESTATIE

12

AD-A218 198

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

DTIC
ELECTE
FEB 12 1990
S E D

90 02 00 08

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek

TNO-rapport



Instituut voor
Zintuigfysiologie TNO

Postbus 23
3769 ZG Soesterberg
Kampweg 5
3769 DE Soesterberg
Telefax 03463 - 5 39 77
Telefoon 03463 - 5 62 11



IZF 1989-14

C.J.E. Wientjes
W. Bles

SITUATIONEEL BEWUSTZIEN EN VESTIBU-
LAIRE STIMULATIE: DE INVLOED VAN
DRAAIBEWEGINGEN OP DE TAAKPRESTATIE

12

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten TNO, dan wel de betreffende
terzake tussen partijen gesloten
overeenkomst.

- TNO

Rubricering:

Oplage: 40
Aantal bladzijden: 21

Rapport:
Titel:
Samenvatting:

ongerubriceerd
ongerubriceerd
ongerubriceerd

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for public release;
Distribution Unlimited



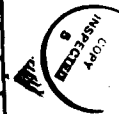
DTIC
ELECTE
FEB 12 1990
S E D

INHOUD

Blz.

| | |
|---|----|
| SAMENVATTING | 5 |
| ABSTRACT | 6 |
| 1 INLEIDING | 7 |
| 1.1 Situationeel bewustzijn | 7 |
| 1.2 Vestibulaire stimulatie en informatieverwerking | 8 |
| 2 HET ONDERZOEK: VRAAGSTELLING EN OPZET | 9 |
| 3 METHODE | 10 |
| 3.1 Proefpersonen | 10 |
| 3.2 Apparatuur | 11 |
| 3.3 Geheugenzoektaak | 11 |
| 3.4 Vragenlijst | 12 |
| 3.5 Procedure | 12 |
| 3.6 Oogbewegingen | 13 |
| 3.7 Data-analyse | 13 |
| 4 RESULTATEN | 15 |
| 4.1 Taakprestatie | 15 |
| 4.2 Vragenlijstgegevens | 15 |
| 4.3 Samenhang tussen taakprestatie en VORFIX | 17 |
| 5 DISCUSSIE | 17 |
| 6 CONCLUSIES | 19 |
| 7 VERVOLGONDERZOEK | 20 |
| REFERENTIES | 21 |

| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| Accession For | |
| NTIS GRA&I | <input checked="" type="checkbox"/> |
| DTIC TAB | <input type="checkbox"/> |
| Unannounced | <input type="checkbox"/> |
| Justification | |
| By _____ | |
| Distribution/ | |
| Availability Codes | |
| Dist | Avail and/or Special |
| A-1 | |



DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

Rapport nr.: IZF 1989-14
Titel: Situationeel bewustzijn en vestibulaire
stimulatie: de invloed van draaibewegingen op
de taakprestatie
Auteurs: Drs. C.J.E. Wientjes en Dr. W. Bles
Instituut: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO
Afd: Verrichtingspsychologie
Datum: augustus 1989
HDO Opdrachtnummer: A86/KLu/048
Nummer in MLTP: 737.2

SAMENVATTING

In dit onderzoek is nagegaan welke invloed vestibulaire stimulatie (rotatie in een draaistoel) heeft op de taakprestatie, het subjectieve welbevinden en de visuele waarneming. De rotatie veroorzaakte een daling in de taakprestatie. De rotatie veroorzaakte voorts symptomen van bewegingsziekte en angstreacties, en beïnvloedde de zichtbaarheid van de letters op de display waarmee de taak werd aangeboden.

Het negatieve effect van vestibulaire stimulatie op de taakprestatie werd vooral veroorzaakt door waarnemingsproblemen als gevolg van onvoldoende onderdrukking van de vestibulo-oculaire reflex (VOR). De resultaten van dit onderzoek zijn van belang voor de problematiek rond "situationeel bewustzijn", omdat dergelijke reacties zich ook kunnen voordoen bij de vestibulaire stimulatie in "high performance"-vliegtuigen.

Rep.No. IZF 1989-14,

TNO Institute for Perception,
Soesterberg, The Netherlands

Situational awareness and vestibular stimulation: The influence of whole-body rotation upon task performance

C.J.E. Wientjes and W. Bles

ABSTRACT

- This experiment investigated the effects of vestibular stimulation (whole-body rotation) upon performance of a memory-comparison task, subjective wellbeing and visual perception. Rotation resulted in a deterioration of the task performance. Rotation also caused motion sickness and anxiety responses. In addition, the visibility of the characters on the display that was used for the presentation of the task was affected.

It was concluded that rotation may result in adverse effects upon information processing, mainly as a consequence of problems with visual perception that seem to be due to insufficient suppression of the vestibular-ocular reflex (VOR). These findings are of importance for the problem of "situational awareness" because similar reactions might occur with vestibular stimulation in high performance aircraft.

submitted to: Aviation Psychology (1990)

1 INLEIDING

Recente technologische ontwikkelingen brengen in toenemende mate met zich mee dat complexe taken onder belastende omstandigheden moeten worden uitgevoerd. Een bijzonder soort belasting doet zich voor wanneer de taakuitvoerder blootstaat aan onnatuurlijke bewegingen, zoals aan boord van schepen en in vliegtuigen. Gezien de hoge prioriteit die de kwaliteit van de taakverrichting in dergelijke situaties meestal heeft, is het van groot belang inzicht te verkrijgen in de invloed van deze bewegingen op het welbevinden en de inzetbaarheid van de taakuitvoerder, en op de kwaliteit van de taakverrichting. Op grond hiervan kunnen aanbevelingen gedaan worden ten aanzien van ergonomie, training, selectie en preventie.

1.1 Situationeel bewustzijn

De problemen rond de invloed van niet alledaagse bewegingen op het functioneren komen duidelijk naar voren bij vliegers van zogenaamde "high-performance" vliegtuigen. Deze vliegtuigen onderscheiden zich van oudere generaties door de hoge en langdurige G-belasting waaraan de vlieger blootstaat.

Een belangrijk aspect van de taak van de vlieger is dat hij in staat dient te zijn om grote hoeveelheden informatie uit verschillende bronnen snel te selecteren en te verwerken. Het vermogen van de vlieger om zich in een gegeven situatie de benodigde informatie te verwerven en deze op effectieve wijze te verwerken wordt wel aangeduid met de term "situationeel bewustzijn" (Hollister, 1986). Het is duidelijk dat situationeel bewustzijn vooral een functie is van de kwaliteit van de informatieverwerkende processen. Hierbij speelt enerzijds de mate waarin er in een bepaalde situatie een beroep wordt gedaan op processen die betrokken zijn bij de informatieverwerking een rol, en anderzijds de mate waarin deze processen ongestoord kunnen verlopen (Taylor, 1988). Een belangrijk doel van het onderzoek naar situationeel bewustzijn is dan ook de identificatie van factoren die verschillende aspecten van de informatieverwerking (evt. tijdelijk) kunnen aantasten.

Het onderzoek ten behoeve van het project "Invloed van vestibulaire- en G-stimulatie op de informatieverwerking" (A86/KLu/048) wordt uitgevoerd in drie fasen. In de eerste fase zijn uitsluitend de effecten van vestibulaire stimulatie onderzocht. Daarover wordt in dit

rapport verslag gedaan. In een tweede fase worden de effecten van G-belasting onderzocht, en in een derde een combinatie van beide factoren.

1.2 Vestibulaire stimulatie en informatieverwerking

Als gevolg van niet-alledaagse vestibulaire stimulatie doen zich uiteenlopende effecten voor, die van invloed kunnen zijn op verschillende aspecten van de informatieverwerking. In dit onderzoek is aandacht besteed aan de volgende verschijnselen:

- De vestibulo-oculaire reflex

Stabilisatie van de blik op een object in de ruimte wordt tijdens de natuurlijke hoofdbewegingen mogelijk gemaakt door de vestibulo-oculaire reflex (VOR). Tijdens onnatuurlijke bewegingen, zoals rotatie, of tijdens het optreden van Coriolis versnellingen, zijn de door de VOR teweeggebrachte oogbewegingen niet functioneel (Bles, 1983). Hoewel het visuele systeem onder dergelijke omstandigheden in zekere mate in staat is de VOR door fixatie te onderdrukken, lukt dit niet meer als de VOR te sterk is. Dan kunnen er zich visuele waarnemingsproblemen voordoen. De VOR die optreedt als gevolg van stimulatie van de verticale halfcirkelvormige kanalen tijdens "pitch"-bewegingen (voorover of achterover kantelen) kan minder gemakkelijk door fixatie onderdrukt worden dan de VOR die optreedt t.g.v. stimulatie van de horizontale halfcirkelvormige kanalen ("yaw"-bewegingen). De raddraaiing van de ogen die door "roll"-bewegingen (draaiing om de lengteas van het vliegtuig) wordt opgewekt laat zich helemaal niet door fixatie onderdrukken. Problemen zouden zich eveneens kunnen voordoen tijdens taken die oogbewegingen vereisen. Daarvoor werden aanwijzingen gevonden door Guedry e.a. (1982). Zij vonden tijdens sinusvormige rotatie op een draaistoel met frequenties van 0.02 Hz (max. snelheid $\pm 155^\circ/\text{s}$) en van 2.5 Hz (max. snelheid $\pm 20^\circ/\text{s}$) een afname van de prestatie op een visuele zoektaak, die waarschijnlijk het gevolg was van onvoldoende fixatiesuppressie.

- Bewegings- of luchtsiekte

Laagfrequente sinusvormige rotatie leidt, zeker wanneer deze gepaard gaat met visuele zoekprocessen waarbij oogbewegingen gemaakt moeten worden, bij de meeste personen tot bewegingsziekte, zulks in tegenstelling tot hoogfrequente sinusvormige rotatie (Guedry e.a., 1982). Hoewel er, zoals vermeld werd, bij dergelijke stimulatie sprake was

van een verminderde prestatie op een visuele zoektaak, vonden Guedry e.a. geen aanwijzingen dat de prestatie door het optreden van bewegingsziekte als zodanig werd beïnvloed. Ook zeezieke personen presteren op Taskomat-taken niet slechter dan niet-zeezieken (Bles e.a., 1988). Uit de resultaten van Bles en Wientjes (1988) blijkt daarentegen dat het optreden van (lichte) verschijnselen van bewegingsziekte tijdens gecombineerde rol- en stampbewegingen in de kantelkamer wel gepaard kan gaan met een achteruitgang van de taakprestatie. Er is dus nog veel onduidelijkheid over de effecten van bewegings- of luchtziekte op de taakprestatie. In het onderzoek van Guedry e.a. (1982) lijkt de achteruitgang van de taakprestatie vooral samen te hangen met effecten die een direct gevolg waren van de geïnduceerde beweging (onvoldoende fixatiesuppressie bij het maken oogbewegingen). Een verminderde taakprestatie kan echter ook samenhangen met het optreden van bewegingsziekte. Zulks was wellicht bij Bles en Wientjes (1988) het geval. Daarnaast speelt de aard van de taak waarschijnlijk belangrijke rol; er is gesuggereerd dat kortdurende taken niet of nauwelijks te lijden hebben van bewegingsziekte, doch (langdurige) routinetaken wel (Reason & Brand, 1975). Het lijkt aannemelijk dat de prestatievermindering in het laatste geval niet zozeer een gevolg van een verminderd vermogen tot presteren, doch veeleer van een verminderde motivatie. In dit verband wordt wel gesproken van het "sopite syndrome" (Graybiel & Knepton, 1976), dat zich kenmerkt door een verminderd welbevinden, slaperigheid, lethargie en apathie.

- Emotionele reacties

In reactie op de effecten van vestibulaire- en G-stimulatie kunnen er, met name in stressvolle situaties, angst- en paniecreacties optreden (Bles e.a., 1988). Angst en paniek kunnen leiden tot ernstige verstoringen van het informatie-verwerkende vermogen van de mens (Hockey, 1983).

2 HET ONDERZOEK: VRAAGSTELLING EN OPZET

Het belangrijkste doel van dit onderzoek was na te gaan of vestibulaire stimulatie invloed heeft op de informatieverwerking, en te onderzoeken welke factoren hierbij in het spel zijn. Hierbij waren de volgende vragen aan de orde: A) Welke samenhang is er tussen de door de rotatie opgewekte vestibulo-oculaire reflex (VOR), bewegingsziekteklachten en angstreacties enerzijds en de taakprestatie anderzijds;

B) Treden er hierbij individuele verschillen op; en C) In hoeverre is een zintuiglijk (visueel/vestibulair) conflict hierbij van invloed.

De effecten van vestibulaire stimulatie werden onderzocht door de taakprestatie en de subjectieve reacties tijdens de afwezigheid van vestibulaire stimulatie (geen rotatie) te vergelijken met die tijdens vestibulaire stimulatie (rotatie in de draaistoel). Rotatie vond plaats onder twee verschillende condities: één in het donker (uitsluitend vestibulaire stimulatie; V-conditie) en één met licht aan (vestibulaire en visuele stimulatie; VV-conditie). In de VV-conditie draaide de trommel waarin de draaistoel zich bevond volgens een bewegingsprofiel dat onafhankelijk was van de beweging van de draaistoel. Aangezien de trommel aan de binnenkant was voorzien van verticale zwart/witte strepen, was er in deze conditie een incongruente combinatie van visuele en vestibulaire stimulatie (visueel/vestibulair conflict). Er werd verwacht dat de sterkste effecten op de taakprestatie en op de subjectieve reacties zich (als gevolg van dit conflict) in de VV-conditie zouden voordoen.

Naast de genoemde rotatiecondities waren er twee condities zonder vestibulaire stimulatie, één voorafgaande aan de rotatiecondities (B1), en één na afloop daarvan (B2).

De invloed van vestibulaire stimulatie op de informatieverwerking werd onderzocht aan de hand van de prestatie op de geheugenzoektaak (GZT). Deze taak maakt deel uit van de "Taskomat"-batterij (Boer e.a., 1987). De oogbewegingen werden gemeten met het electro-oculogram (EOG), terwijl de subjectieve reacties werden gemeten m.b.v. een vragenlijst (zie Bles & Wientjes, 1988).

3 METHODE

3.1 Proefpersonen

Het onderzoek is uitgevoerd bij acht mannelijke proefpersonen, die tussen de 22-28 jaar oud waren. De ppn. hadden geen vliegeropleiding genoten. Aangezien in het vooronderzoek verschillende malen was gebleken dat de rotatie voortijdig moesten worden afgebroken wegens het optreden van bewegingsziekte, werden er voor dit onderzoek uitsluitend proefpersonen geselecteerd die gerapporteerd hadden tamelijk resistent te zijn tegen bewegingsziekte.

3.2 Apparatuur

Er werd gebruik gemaakt van de draaistoel-draaitrommel combinatie van de Vestibulaire afdeling van het Academisch Ziekenhuis van de Vrije Universiteit te Amsterdam. De trommel heeft een cilindervorm en een diameter van 1.50 m. De wanden zijn beschilderd met witte en zwarte verticale banen met een gezichtshoek van 7 graden ieder. De stoel in de draaitrommel kan onafhankelijk van de trommel aangedreven worden. De oogbewegingen werden geregistreerd m.b.v. electro-oculografie (EOG). Om veiligheidsredenen kon het EOG niet in de experimentele sessies gemeten worden waarin de taakprestatie onderzocht werd (de voeding van de monitor liep via de zelfde sleepcontacten die normaliter gebruikt worden voor de EOG-voorversterker). Daarom werd het EOG in een aparte sessie gemeten, waarbij echter wel de zelfde vestibulaire stimuli zijn gebruikt.

3.3 De Geheugenzoektaak

De geheugenzoektaak (GZT) is een reactietijdtaak waarbij de proefpersoon (pp.) twee doelletters diende te onthouden. Tijdens de taak moest m.b.v. twee drukknoppen aangeven worden of één van deze doelletters al dan niet voorkwam tussen de letters die op het scherm van een monitor verschenen. Per trial werden er 1, 2 of 4 letters tegelijk aangeboden. Bij 50% van de trials was er een doelletter aanwezig. Het respons-stimulus-interval (de tijd die verstreek tussen de reactie van de ppn. en de presentatie van de volgende trial) bedroeg 200 ms. De GZT werd aangeboden m.b.v. een monitor (Taxan KX-12), die vóór de pp. op ooghoogte met een beugel aan de draaistoel was bevestigd. Aan het uiteinde van beide armleuningen van de stoel was een micro-switch aangebracht, waarmee de pp. kon reageren. De rechterknop was de "ja"-knop (waarmee werd aangegeven dat één van de letters op het scherm een doelletter was), en de linkerknop was de "nee"-knop (waarmee werd aangegeven dat er geen doelletter aanwezig was). De GZT werd gereguleerd door een buiten de trommel opgestelde IBM-PC, die tevens de reacties van de pp. vastlegde. De verbindingen tussen de computer, de monitor en de drukknoppen liepen via sleepcontacten. De taakprestatie werd gemeten met de reactietijd (RT). De pp. kreeg tijdens het verichten van de GZT feedback over zijn prestatie via een score (die de taakprestatie representeerde), en d.m.v. een auditief signaal bij een foute reactie.

Er waren vier experimentele condities: de beide baseline-condities (B_1 en B_2), een vestibulair/visuele conditie (VV), en een vestibulaire conditie (V). In elke conditie werden steeds combinaties van twee x twee doelletters gebruikt (KD/GC, NT/PR, MX/FU, HL/EJ). Elke combinatie kwam even vaak in elke conditie voor. De aanbiedingsvolgorde van de beide rotatiecondities (VV en V) was gebalanceerd over de ppn.

3.4 Vragenlijst

Voor de bepaling van de subjectieve reacties van de ppn. werd gebruik gemaakt van een speciaal voor dit doel vervaardigde state-vragenlijst (zie Bles & Wientjes, 1988), waarin vragen waren opgenomen die betrekking hadden op bewegingsziekte-symptomen, op angstreacties en op visuele problemen. De vragenlijst werd na afloop van elke experimentele conditie afgenomen. Met uitzondering van de visuele items waren alle items afkomstig van bestaande vragenlijsten. De angst-items waren overgenomen van de Psychosomatische Klachtenlijst van Wientjes e.a. (1987), en de bewegingsziekte-items waren overgenomen van de Bewegingsziekte-vragenlijst die door Bles e.a. (1988) is ontwikkeld. De pp. diende op een vier-puntsschaal ("in het geheel niet/een beetje/tamelijk veel/zeer veel) aan te geven in hoeverre hij op het moment van invullen last had van de genoemde klachten.

3.5 Procedure

Na aankomst van de pp. in het laboratorium werd eerst kort uitleg gegeven over de opzet van het experiment. Daarna vond de training op de GZT plaats. Er werd minimaal gedurende 10 minuten geoefend; indien de gemiddelde RT en het gemiddelde foutenpercentage hierbij binnen de normen bleef die door Boer e.a. (1987) worden gegeven voor de betreffende combinatie van doelletters, werd met het experiment begonnen. Indien de prestatie van de ppn. na 10 minuten oefenen nog niet aan de normen voldeed, volgde een tweede trainingssessie van 10 minuten, en eventueel een derde, tot de prestatie binnen de normen viel. Op deze manier werd er zorg voor gedragen, dat alle ppn. voor de aanvang van het experiment goed geoefend waren. Het experiment begon met een baseline-conditie (B_1) van tien minuten, waarin de taak zonder vestibulaire stimulatie werd uitgevoerd. De ppn. zaten hierbij in de stilstaande draaistoel; de deur van de trommel stond open en het licht in de trommel was aan. Daarna volgden de twee rotatiecondities (VV en V), elk met een duur van 10 minuten (telkens twee taakperioden van elk

vijf minuten), en ten slotte opnieuw een baseline-conditie (B_2), die in alle opzichten identiek was aan B_1 . In de rotatiecondities was de deur van de trommel gesloten. Vestibulaire stimulatie vond in beide rotatiecondities plaats door de rotatiesnelheid van de draaistoel sinusvormig te moduleren (0.05 Hz, max. snelheid $\pm 180^\circ/\text{s}$). In de vestibulaire conditie V was het licht in de trommel uit en werd er zorg voor gedragen dat de lichtsterkte van de letters op het scherm geen reflectie op de wand teweeg kon brengen. Tijdens de visueel/vestibulaire conditie VV vond er tevens optokinetische stimulatie plaats door gelijktijdige sinusvormige modulatie van de rotatiesnelheid van de draaitrommel (0.02 Hz, max. snelheid $\pm 80^\circ/\text{s}$). Hierbij was het licht aan. Onmiddellijk na afloop van elke conditie vulden de ppn. de vragenlijst in (zie 3.4).

3.6 Oogbewegingen

Ter bepaling van de vestibulo-oculaire reflex (VOR) werden de oogbewegingen tijdens rotatie in het donker gemeten. De suppressie van de VOR bij fixatie (VORFIX) werd met licht aan gemeten terwijl de ppn. hun duim fixeerden bij een recht naar voren gestrekte arm (zie Figuur 1). Daarbij werden de ppn. aan dezelfde vestibulaire stimuli blootgesteld, die tijdens de presentatie van de GZT werden gebruikt. Bepaling van de VOR vond plaats in een andere experimentele opstelling en in een aparte sessie.

3.7 Data-analyse

De reactietijden van de goede reacties werden over elke experimentele conditie (10 minuten) gemiddeld. M.b.t. de vragenlijstgegevens werden drie afzonderlijke scores (bewegingsziekte-score, angstscore en visuele problemen) berekend door toekenning van gewichten (0 = "geheel niet", 1 = "een beetje", 2 = "tamelijk veel", en 4 = "zeer veel") aan de antwoorden. Om schaalproblemen te vermijden werden vervolgens alle scores omgezet in gestandaardiseerde Z-scores met een gemiddelde = 0 en een standaarddeviatie = 1.

Ten behoeve van de bepaling van de samenhang tussen individuele variaties in de effecten van de rotatie op de taakprestatie enerzijds en de fixatiesuppressie anderzijds werd per proefpersoon een ΔRT -waarde berekend door de gemiddelde RT in de twee baseline-condities (B_1 en B_2) af te trekken van de gemiddelde RT in de V-conditie.

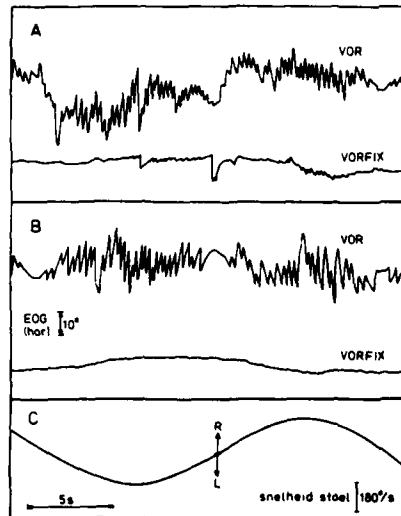


Fig. 1 A: (bovenste signaal) de vestibulaire nystagmus tijdens sinusvormige rotatie in het donker (VOR) en (onderste signaal): de nystagmus tijdens rotatie bij fixatie van de duim (VORFIX) bij een proefpersoon met matige fixatiesuppressie. B: idem bij een proefpersoon met goede fixatiesuppressie. C: Snelheid van de draaistoel in $^{\circ}/s$.

Deze ART geeft dus de verandering van de RT weer, die het gevolg was van de rotatie in de V-conditie. Vervolgens werd de Spearman rangcorrelatie-coëfficiënt berekend tussen deze ART-waarden en de maximale snelheid van de langzame component van de nystagmus tijdens fixatiesuppressie (VORFIX; zie Figuur 1). Deze correlatie-coëfficiënt geeft dus weer in hoeverre er een samenhang bestaat tussen het vermogen tot fixatiesuppressie en de mate waarin rotatie in het donker effect had op de taakprestatie.

4 RESULTATEN

4.1 Taakprestatie

De gemiddelden en de standaard-deviaties van de reactietijden staan (in ms) vermeld in Tabel 1.

Tabel 1 Gemiddelde reactietijden (ms) en standaard-deviaties voor de GZT tijdens de vier experimentele condities (B_1 = eerste baseline-conditie, VV = vestibulair/visuele stimulatie, V = vestibulaire stimulatie, B_2 = tweede baseline-conditie). $N = 8$.

| | \bar{X} | SD |
|-------|-----------|----|
| B_1 | 597 | 82 |
| VV | 621 | 73 |
| V | 670 | 68 |
| B_2 | 599 | 43 |

Uit een variantie-analyse voor herhaalde waarnemingen bleek dat er sprake was van een significant conditie-effect [$F(3,21) = 5.02$, $p < 0.01$]. Post-hoc analyses met Tukey's HSD test lieten zien dat alleen de verschillen tussen de RT in beide baseline-condities (B_1 en B_2) enerzijds en die in de V-conditie anderzijds significant waren.

4.2 Vragenlijstgegevens

De gemiddelde scores staan, voor de vier experimentele condities, weergegeven in Figuur 2.

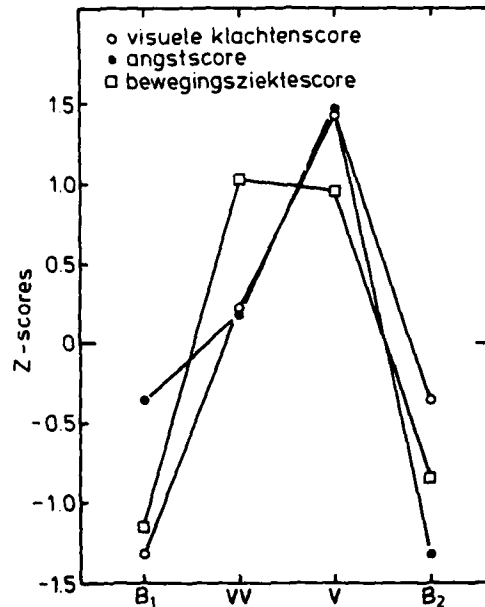


Fig. 2 Gestandaardiseerde Z-scores van de vragenlijstgegevens voor de vier experimentele condities (B₁ = eerste baseline-conditie; VV = vestibulair/visuele stimulatie; V = vestibulaire stimulatie; B₂ = tweede baseline-conditie).

- **Bewegingsziekte**

Er was sprake van een significant conditie-effect [$F(3,21) = 4.32$, $p < 0.05$]. Post-hoc analyses lieten zien dat er verschillen waren tussen de eerste baseline-conditie (B₁) en de beide rotatiecondities, doch niet tussen B₂ en de rotatiecondities.

- **Angstreacties**

Er was sprake van een significant conditie-effect [$F(3,21) = 5.90$, $p < 0.01$]. Er bleken alleen verschillen te zijn tussen de beide rotatiecondities enerzijds en de laatste baseline-conditie (B₂) anderzijds.

- Visuele problemen

Er was sprake van een significant conditie-effect [$F(3,21) = 9.82$, $p < 0.001$]. De beide rotatiecondities bleken significant te verschillen van de beide baseline-condities.

4.3 Samenhang tussen de taakprestatie en de VORFIX

Het gemiddelde toename van de RT in de VV-conditie (ΔRT) bedroeg 70 ms (± 51), en het gemiddelde van de VORFIX was $13^\circ/s$ (± 5.6). De Spearman-rangcorrelatie coëfficiënt tussen beide variabelen bedroeg $\rho = 0.57$ ($p < 0.05$).

5 DISCUSSIE

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat vestibulaire stimulatie van invloed was op de taakprestatie. De taakprestatie werd echter in beide rotatiecondities niet in gelijke mate beïnvloed: uitsluitend de reactietijd in de vestibulaire conditie (V) bleek significant van die in de beide baseline-condities te verschillen; in de vestibulair/visuele conditie (VV-conditie) werd geen significant effect gevonden.

In tegenstelling tot de verwachting leidde het visueel/vestibulaire conflict in de VV-conditie dus niet tot sterkere effecten op de taakprestatie dan de vestibulaire stimulatie in de V-conditie. De resultaten vertonen veeleer het omgekeerde beeld. Een mogelijke verklaring hiervoor wordt gegeven door de resultaten m.b.t. de visuele klachten-scores. Deze waren in de V-conditie hoger waren dan in de VV-conditie. Dit suggereert dat de mogelijkheden tot fixatiesuppressie in de V-conditie minder groot waren dan in de VV-conditie. Onvoldoende suppressie van de vestibulo-oculaire reflex (VOR) tijdens rotatie leidt tot een instabiel retinaal beeld waardoor de waarneming bemoeilijkt wordt (Barnes e.a., 1978; Bles, 1986). De prestatie op een taak waarbij de visuele waarneming een belangrijke rol speelt, kan hierdoor negatief beïnvloed worden (Guedry e.a., 1982). De verschillende effecten van de rotatie in de VV- en V-condities op de taakprestatie en de visuele klachten hangen wellicht samen met het feit dat de monitor in de VV-conditie goed zichtbaar was. Ondanks de conflicterende optokinische stimulatie vormde deze kennelijk een stabiele visuele referentie. Aangenomen kan worden dat fixatie (en daarmee onderdrukking van de VOR) als gevolg hiervan in de VV-conditie gemakkelijker te realiseren was.

ren was dan in de V-conditie, waarin (omdat het donker was) een dergelijke visuele referentie ontbrak. Dit kan verklaren waarom er in de VV-conditie minder klachten over de zichtbaarheid van de letters op de display waren, en de prestatie minder te lijden had van oogbewegingen.

Hoewel de proefpersonen in dit onderzoek waren geselecteerd op een geringe gevoeligheid voor bewegingsziekte, was er zowel in de VV- als de V-conditie sprake van een significante toename van de bewegingsziekteklachten ten opzichte van de eerste baseline-conditie. Er waren echter geen verschillen tussen de bewegingsziekteklachten in de beide rotatiecondities. Dit betekent dat de taakprestatie in dit onderzoek geen directe samenhang vertoonde met het optreden van bewegingsziekte. Ook in het onderzoek van Guedry e.a. (1982) bleek bewegingsziekte geen directe rol te spelen t.a.v. de effecten van rotatie op de taakprestatie. De conclusie van Guedry en Correia (1978) dat visuele zoekprocessen die oogbewegingen vereisen een "conditio sine qua non" zijn voor het optreden van bewegingsziekte tijdens laagfrequente rotatie, kon echter in ons onderzoek niet bevestigd worden: hoewel er tijdens de taakuitvoering geen oogbewegingen gemaakt behoeften te worden, waren er toch duidelijke aanwijzingen voor het optreden van bewegingsziekte.

Bij personen die hiervoor gevoelig zijn, kan het optreden van bewegingsziekte hiervan echter wel degelijk van invloed zijn op de taakprestatie. Zulks blijkt wel uit het feit dat er in het onderzoek, dat ter voorbereiding van het huidige experiment werd uitgevoerd, bij verschillende proefpersonen sprake was van dermate heftige manifestaties van bewegingsziekte, dat het experiment moest worden afgebroken. Van taakprestatie of informatieverwerking kan onder dergelijke omstandigheden natuurlijk geen sprake meer zijn. Teneinde dergelijke drastische effecten te vermijden waren de proefpersonen in het huidige experiment dan ook geselecteerd op een geringe gevoeligheid voor bewegingsziekte.

De angstscores waren in de rotatiecondities hoger dan die in de laatste baseline-conditie (B_2), maar niet dan die in de eerste baseline-conditie (B_1). Dit wijst er op dat de ppn. zich tijdens rotatie angstig voelden en dat deze angstreacties pas na afloop van de laatste rotatieconditie verminderden. Uit de resultaten blijkt echter niet overtuigend dat het optreden van angstreacties een samenhang vertoonde met de taakprestatie. Het ontbreken van een significant verschil tussen de angstscores in B_1 en die tijdens rotatie suggereert dat de angstscores

tijdens B1 al enigszins verhoogd waren. Dit kan duiden op anticipatoire angst.

De conclusie dat de effecten van rotatie op de taakprestatie primair een gevolg zijn van onvoldoende suppressie van de oogbewegingen wordt gesteund door het feit dat er een significante samenhang werd gevonden tussen de mate waarin de VOR tijdens rotatie in het donker met succes kon worden onderdrukt (VORFIX) en de achteruitgang in de taakprestatie in de V-conditie. Uit de grote spreiding van de VORFIX-waarden blijkt, dat er zich in het vermogen tot fixatiesuppressie aanzienlijke individuele verschillen voordeden. In hoeverre er hierbij sprake is van een stabiele en kenmerkende individuele eigenschap, is onbekend.

6 CONCLUSIES

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat draaibewegingen kunnen leiden tot oogbewegingen die een negatieve invloed hebben op de visuele waarneming. De taakuitvoering kan hiervan ernstig te lijden hebben. Er werden aanwijzingen gevonden dat deze verstoringen samenhangen met onvoldoende suppressie van de vestibulo-oculaire reflex (VOR).

De resultaten van dit onderzoek wijzen er op dat de mate waarin reflexmatige oogbewegingen door fixatiesuppressie onderdrukt kunnen worden, een functie is van verschillende factoren. In de eerste plaats hangt de mate waarin er fixatiesuppressie mogelijk is samen met de aanwezigheid van een stabiele visuele referentie. Wanneer een dergelijk visueel referentiekader ontbreekt, wordt een adequate suppressie bemoeilijkt, treden er waarnemingsproblemen op en gaat de taakprestatie achteruit. In de tweede plaats blijkt dat sommige personen beter in staat zijn de VOR middels fixatie te onderdrukken dan anderen, en dat deze individuele verschillen een samenhang vertonen met de mate waarin rotatie de taakprestatie beïnvloedt. Ten slotte zijn er aanwijzingen dat de fixatiesuppressie bemoeilijkt kan worden door het maken van willekeurige oogbewegingen (Guedry e.a., 1982). Het lijkt dus aannemelijk dat er t.a.v. de effecten van draaibewegingen op de taakprestatie een situationeel bepaalde component onderscheiden kan worden (onvoldoende stabiele visuele referentie, of het maken van oogbewegingen) en een dispositioneel bepaalde component (individuele verschillen in het vermogen tot fixatiesuppressie).

Dit suggereert dat er ten aanzien van de preventie van storende invloeden van vestibulaire stimuli op de informatieverwerking en de taakuitvoering aan twee soorten maatregelen gedacht kan worden: A) maatregelen die de stabilisatie van oogbewegingen kunnen bevorderen, en B) de ontwikkeling van selectiecriteria, die op de fixatie-suppressie van de VOR betrekking hebben.

7 VERVOLGONDERZOEK

Tijdens het vliegen doen zich frequent vestibulaire stimulatie voor die reflexmatige oogbewegingen teweegbrengt, vergelijkbaar met de hier onderzochte vestibulo-oculaire reflex. Het meest problematisch zijn in dit verband wellicht de oogbewegingen die het gevolg zijn van "pitch"- en "roll"bewegingen. Op basis van de resultaten van dit onderzoek lijkt het aannemelijk dat de taakuitvoering van de vlieger ernstig verstoord kan worden door dergelijke oogbewegingen, in het bijzonder wanneer er visuele displays afgelezen moeten worden. De resultaten van Guedry e.a. (1982) suggereren bovendien, dat het maken van willekeurige oogbewegingen (bijv. tijdens visuele zoekprocessen) hierbij nog extra problemen zou kunnen opleveren. Gezien het belang van deze problematiek lijkt het wenselijk om in de nabije toekomst ook de invloed van willekeurige oogbewegingen en van "pitch"- en "roll"bewegingen op de informatieverwerking te onderzoeken. Zulks zal mogelijk zijn met de binnenkort te bouwen 2-D draaistoel.

Met het oog op de preventie van problemen met situationeel bewustzijn als gevolg van vestibulaire stimulatie verdient het ten slotte aanbeveling om onderzoek te verrichten dat meer inzicht kan verschaffen in de wijze waarop de mogelijkheden tot fixatiesuppressie in de praktijk kunnen worden vergroot, en in de mogelijkheden om individuen te selecteren op basis van het vermogen tot fixatiesuppressie.

REFERENTIES

- Barnes, G.R., Benson, A.J. en Prior, A.R.J., Visual-vestibular interaction in the control of eye movement. *Aviat. Space and Env. Med.*, 49, 557-564, 1978.
- Bles, Bewegingsziekte. Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Rapport 1983-21, 1988.
- Bles, W. en Kotaka, S., Stepping around: nystagmus, self-motion perception and Coriolis effects. In: Keller, E.L. en Zee, D.S. (Eds.); *Adaptive processes in visual and oculomotor systems*. Pergamon Press, 465-471, 1986.
- Bles, W., Boer, L.C., Keuning, J.A., Vermey, P. en Wientjes, C.J.E., Zeeziekteonderzoek. Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Rapport 1988-5, 1988.
- Bles, W. & Wientjes, C.J.E., Welbevinden, taakprestatie en hyperventilatie in de kantelkamer: invloed van een visueel referentiekader en kunstmatige horizon. Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Rapport 1988-30, 1988.
- Boer, L.C., Gaillard, A.W.K. & Jorna, P.G.A.M., Taskomat; een batterij van informatieverwerkingstaken. IZF/TNO-Rapport 1987-2, 1987.
- Graybiel, A. en Knepton, J., Sopite Syndrome: a sometimes sole manifestation of motion sickness. *Aviat. Space and Env. Med.*, 47, 873-882, 1976.
- Guedry, F.E., Benson, A.J. & Moore, H.J., Influence of a Visual Display and Frequency of Whole-Body Angular Oscillation on Incidence of Motion Sickness. *Aviat. Space and Env. Med.*, 53 (6), 1982, 564-569.
- Guedry, F.E. en Correida, M.J., Vestibular function in normal and exceptional conditions. In: Masterton, R.B. (Ed.); *Handbook of behavioral neurobiology*. Plenum Press, 353-399, 1978.
- Hockey, R., *Stress and Fatigue in Human Performance*. Chichester, Wiley, 1983.
- Hollister, W.M., *Automation at the Man-Machine Interface*. AGARD Conference Proceedings No. 414, 1987, 11-110.
- Reason, J.T. en Brand, J.J., *Motion sickness*. Londen/New York, Academic Press, 1975.
- Taylor, R.M., *Trust and Awareness in Human-Electronic Crew Teamwork*. Paper presented at the Workshop on Human-Electronic Crew, Ingolstadt, West-Germany, 19-22 September 1988.
- Wientjes, C.J.E., Gaillard, A.W.K., Grossman, P. en Defares, P.B., *Ademhaling en stress (Deel II)*. Soesterberg, IZF/TNO rapport 1987 C-7, 1987.

| REPORT DOCUMENTATION PAGE | | |
|--|--|--|
| 1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD 89-1051 | 2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER | 3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER 12F 1989-14 |
| 4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 737.2 | 5. CONTRACT NUMBER A86/KLW/048 | 6. REPORT DATE August 14, 1989 |
| 7. NUMBER OF PAGES 21 | 8. NUMBER OF REFERENCES 14 | 9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final |
| 10. TITLE AND SUBTITLE Situational awareness and vestibular stimulation: the influence of whole-body rotation upon task performance (Situational awareness and vestibular stimulation: the influence of whole-body rotation upon task performance) | | |
| 11. AUTHOR(S) C.J.E. Wientjes and W. Bles | | |
| 12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Institute for Perception Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG | | |
| 13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Division of National Defence Research Koningin Marijkeaan 21 2595 GA DEN HAAG | | |
| 14. SUPPLEMENTARY NOTES | | |
| 15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE) This experiment investigated the effects of vestibular stimulation (whole-body rotation) upon performance of a memory-comparison task, subjective well being and visual perception. Rotation resulted in a deterioration of the task performance. Rotation also caused motion sickness and anxiety responses. In addition, the visibility of the characters on the display that was used for the presentation of the task was affected. It was concluded that rotation may result in adverse effects upon information processing, mainly as a consequence of problems with visual perception that seem to be due to insufficient suppression of the vestibular-ocular reflex (VOR). These findings are of importance for the problem of "situational awareness" because similar reactions might occur with vestibular stimulation in high performance aircraft. | | |
| 16. DESCRIPTORS Vestibular Perception Intersensory Effects Motion Sickness Eye Movements Aircraft Orientation | | IDENTIFIERS |
| 17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) - | 17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) - | 17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) - |
| 18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Unlimited availability | | 17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) - |

VERZENDLIJST

1. Hoofddirecteur van de Hoofdgroep Defensieonderzoek TNO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. (Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
- 4,5. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
6. (Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
7. Wnd. Directeur Militair Geneeskundige Diensten
Cdre vliegerarts H.H.M. van den Biggelaar
8. Inspecteur Geneeskundige Dienst KL
Brig.Gen.-arts B.C. Mels
9. Inspecteur Geneeskundige Dienst KLu
Cdre J.Th. Versteeg
10. Inspecteur Geneeskundige Dienst Zeemacht
Cdr-arts A.J. Noordhoek
- 11, 12, 13. Hoofd van het Wetensch. en Techn. Doc.- en Inform.
Centrum voor de Krijgsmacht

LEDEN WAARNEMINGS CONTACT COMMISSIE

14. Maj.Ir. W.C.M. Bouwmans
15. LTZARl F.D.J.R. Feunekes
16. Dr. N. Guns
17. Drs. C.W. Lamberts
18. Ir. P.H. van Overbeek
19. Drs. W. Pelt
20. Maj. dierenarts H.W. Poen
21. Drs. F.H.J.I. Rameckers
22. Prof.Ir. C. van Schooneveld
23. LKol.Drs. H.W. de Swart
24. Kol. vliegerarts B. Voorsluijs

Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aan-
gevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWOO.
